

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2001年10月12日

願 番 号
Application Number: 特願2001-315995
T. 10/C]: [JP2001-315995]

願 人
Applicant(s): 篠田 裕之

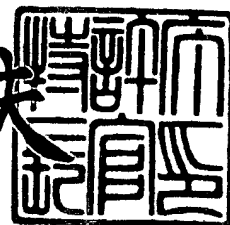
BEST AVAILABLE COPY

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2004年 3月24日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 01JST131

【提出日】 平成13年10月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01L 1/00

B25J 19/02

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 3 2 5 - 2 2 マイキャッス
ル溝の口ヴィレッジ 3 0 3

【氏名】 篠田 裕之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都立川市富士見町 6 - 2 7 - 2 0 7

【氏名】 箱崎 光弘

【特許出願人】

【識別番号】 396020800

【氏名又は名称】 科学技術振興事業団

【代表者】 沖村 憲樹

【代理人】

【識別番号】 100089635

【弁理士】

【氏名又は名称】 清水 守

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012128

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0013088

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 触覚センサ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 応力あるいは温度を測定しそれを符号化された信号に変換する回路を備えたセンサ素子と、該センサ素子からの出力信号を伝達するための導電性の柔軟体から構成されることを特徴とする触覚センサ。

【請求項 2】 請求項 1 記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の電氣的に連続した導電性ゴム領域に複数のセンサ素子の信号端子が接続されていることを特徴とする触覚センサ。

【請求項 3】 請求項 1 記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の表の面と裏の面にそれぞれ一つずつ電極があり、前記柔軟体の 2 層の導電性ゴムにそれらが電氣的に接触していることを特徴とする触覚センサ。

【請求項 4】 請求項 1 記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の一方の面に 2 つあるいは 3 つの電極があり、そこから突き出されたピン状突起物によって、前記柔軟体の 2 層以上の導電性ゴムに各電極が電氣的に接触していることを特徴とする触覚センサ。

【請求項 5】 請求項 1 記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の一方の面に 2 つあるいは 3 つの電極があり、前記柔軟体の単一層内に形成された導電性ゴムの複数の領域に各電極が電氣的に接触していることを特徴とする触覚センサ。

【請求項 6】 請求項 1 記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の L S I チップとそれに接続された電極部品間の容量の変化から周囲応力を検出することを特徴とする触覚センサ。

【請求項 7】 請求項 4 記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の電極をその中心近くの微小面積で支持することにより、電極表面における圧力の不均一に対して特に感度よく電極が変形することを特徴とする触覚センサ。

【請求項 8】 請求項 1 記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の L S I チップとそれに接続された感圧導電性ゴムの抵抗変化から周囲応力を検出することを特徴とする触覚センサ。

【請求項 9】 請求項 1 記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の L S I チップ上の光センサに到達する光量変化から周囲応力を検出することを特徴とする触覚センサ。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、対象物との接触によって生じる圧力の分布、さらにそこから対象物の触感や滑りなどの運動を検出する触覚センサに関するものであり、ロボットハンドの触覚センサ、ペットロボットや介護ロボットの人工皮膚、質感などの感性評価用センサ、触感を検出し触覚ディスプレイで人間に体感させるバーチャルリアリティの技術分野に属する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

触覚センサとしては、フィルム状の感圧センサアレイなど、数多くの方法が提案されているが、いまだに人間の触感と同等な情報を検出可能なデバイスは存在していない。その主な原因は高い密度で応力分布を検出し、かつ伸縮が可能な柔軟センサが実現できていないためである。

【0 0 0 3】

この問題の解決方法として、特開平 1 1 - 2 4 5 1 9 0 号公報「触覚センサ及び触感検知システム」等が提案されているが、この方法では自由空間を介して触覚素子への電力供給やそこからの信号送信を行うため、その際のエネルギーロスが大きかった。また、それ自身が他のセンサや通信に対するノイズ源となっていた。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】

触覚センサの製作においては、皮膚の変形を検出する微小なセンサ素子を高い密度で広範囲に配置する必要がある。しかしながら、各素子から信号を読み出すための配線は、変形によって破損しやすく、また触覚センサ自体の柔らかさを損なうものであった。また、小さな素子からの信号を高い S N 比で読み出すことも

困難であった。

【0005】

本発明は、上記状況に鑑みて、各素子から信号を読み出すための配線は変形に強く、かつ、小さな素子からの信号を高いS/N比で読み出すことができる触覚センサを提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕触覚センサにおいて、応力あるいは温度を測定しそれを符号化された信号に変換する回路を備えたセンサ素子と、該センサ素子からの出力信号を伝達するための導電性の柔軟体から構成されることを特徴とする。

【0007】

〔2〕上記〔1〕記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の電氣的に連続した導電性ゴム領域に複数のセンサ素子の信号端子が接続されていることを特徴とする。

【0008】

〔3〕上記〔1〕記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の表の面と裏の面にそれぞれ一つずつ電極があり、前記柔軟体の2層の導電性ゴムにそれらが電氣的に接触していることを特徴とする。

【0009】

〔4〕上記〔1〕記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の一方の面に2つあるいは3つの電極があり、そこから突き出されたピン状突起物によって、前記柔軟体の2層以上の導電性ゴムに各電極が電氣的に接触していることを特徴とする。

【0010】

〔5〕上記〔1〕記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の一方の面に2つあるいは3つの電極があり、前記柔軟体の単一層内に形成された導電性ゴムの複数の領域に各電極が電氣的に接触していることを特徴とする。

【0011】

〔6〕上記〔1〕記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子のLSIチップとそれに接続された電極部品間の容量の変化から周囲応力を検出することを特徴とする。

【0012】

〔7〕上記〔4〕記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子の電極をその中心近くの微小面積で支持することにより、電極表面における圧力の不均一に対して特に感度よく電極が変形することを特徴とする。

【0013】

〔8〕上記〔1〕記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子のLSIチップとそれに接続された感圧導電性ゴムの抵抗変化から周囲応力を検出することを特徴とする。

【0014】

〔9〕上記〔1〕記載の触覚センサにおいて、前記センサ素子のLSIチップ上の光センサに到達する光量変化から周囲応力を検出することを特徴とする。

【0015】

本発明によれば、次のような触覚素子、すなわち検出した触覚の信号を素子の内部の回路で符号化し、シリアル信号として送出可能な触覚チップによって問題を解決する。触覚チップは表と裏に1つずつの電氣的接点をもち、それらはそれぞれ2層の導電性ゴム状弾性体に接続される。全ての触覚チップを共通の導電性ゴムに接続すればよく、必要な数の触覚チップを2枚の導電性ゴムでサンドイッチして電氣的接触をとることによって各素子への配線が完了する。各触覚チップはそれぞれのID番号をもち、2層の導電性ゴムに接続されたコンピュータによって触覚チップを指定し、そのデータを読み出す。このような構成によって、各素子へ個別の配線をすることなく、高密度に配置された触覚素子からデータを読み出すことができる。また応力を検出した場所でそれを符号化して伝送するため、高いSN比で計測を行うことができる。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0017】

図1は本発明の実施例を示す触覚センシングチップと導電性ゴムを用いた触覚センサの模式図、図2はその触覚センサの断面図である。

【0018】

これらの図において、触覚チップ（触覚素子）1の上面および下面に一つずつ配置された電極6と導電性ゴム2および3とが電氣的に接触する。なお、4は導電性ゴム2, 3に電圧を印加するコンピュータ、5は触覚センサの表面、6は触覚チップ上の電極、7が絶縁層である。

【0019】

次に、この触覚センサの全体の動作を説明する。

【0020】

図3は、本発明の触覚センサのコンピュータから各素子へ送信される信号電圧、及び各素子の端子間入出力インピーダンスを示す図である。

【0021】

図3（a）は導電性ゴムに接続されたコンピュータから、その導電性ゴムに印加される電圧を示している。図3（b）および図3（c）は各触覚チップの電極間の入力および出力インピーダンスを表しており、電源投入時には全てのチップの2つの端子間のインピーダンスは小さく、電圧印加によって電流が各チップに流入し、動作のためのエネルギーが蓄えられる。一定時間経過後に動作可能状態となり、2層の導電性ゴム2, 3に接続されたコンピュータ4から16ビットのID信号が送出される。

【0022】

なお、本発明の実施例において、チップの通信回路は5MHzで動作し、コンピュータとチップとで送受信される信号は1MHzで行われるものとする。コンピュータのクロックと、チップ上のクロックは同期していないので、電源投入直後にコンピュータから32個のパルスを送出し、各触覚チップはその32個のパルスが到来する間にカウントされた自身のチップ上のクロック数を記録することで、コンピュータからの信号のクロックと自身のクロックとの周波数の比を測定する。この動作は電源投入後に一度だけ行い、以後この比を用いて通信を行う。

【0023】

コンピュータからID信号を受け取った触覚チップは、そのIDが自身のIDと異なる場合には、図3(b)に示すように、端子間インピーダンスを高くしたまま次のID信号受信までの一定時間を待機する。受け取ったIDが自身のIDと一致した場合には、図3(c)に示すように、保持していた32ビットの触覚データを送信する。一つのチップがIDを受信し、信号を送信するのに要する合計時間は $60\mu\text{sec}$ である。また、各素子の応力計測は通信とは独立して行われており、 1msec ごとにチップ内部の保持データを更新する。

【0024】

センサチップの構造、および応力検出の原理は、図4～図6に示されている。ここで、図4(a)はセンサチップの側面図、図4(b)はセンサチップの分解図、図4(c)はLSIチップ1bの表面及び裏面図である。図4(a)における d_1 は $100\mu\text{m}$ 、 d_2 は $100\mu\text{m}$ 、図4(c)における d_3 は 3mm 、 d_4 は 1mm である。

【0025】

LSIチップ1bの表面にはE1からE4までの4つの電極が形成されており、LSIチップの内部には通信用のデジタル回路とともに、図5に示すような自励発振回路が組み込まれている。このようなLSIの上面には金属製（りん青銅製）の部品1aが接続される。

【0026】

図5に示すように、発振回路の端子S1およびS2はLSI内部のスイッチによって電極E1からE4までのうち2つを選んで接続され、金属部品1aを介して両電極の間に生じる容量Cと、回路中の抵抗Rで与えられる時定数CRで発振が生じる。容量CはLSI上の電極と、それに接着された金属部品1aまでの距離によって決まるため、この発振回路の周波数を知ることによって指定された電極と金属部品1aまでの距離を得ることができる。したがって、ここからチップ全体への応力に対する金属部品1aの変形を知ることができる。

【0027】

以上の測定原理を数式を用いて再度説明する。

【0028】

いま電極 E_i ($i = 1 \sim 4$) と部品 1 a との間の容量を C_i と表すことにし、発振回路の端子 S 1 および S 2 を電極 E_i および E_j に接続したとする。このとき端子 S 1 および S 2 に接続された容量 C は

$$1/C = 1/C_i + 1/C_j$$

で与えられ、発振回路はこの容量 C を用い、周波数 $f_{ij} = \alpha / CR$ で発振する。ただし、 α は定数である。したがって、電極 E_i と部品 1 a との間の平均距離を d_i とすると、 E_i および E_j を S 1 および S 2 に接続したときの発振周波数は

$$f_{ij} = \alpha / R \cdot 1 / \epsilon_0 S (d_i + d_j)$$

で与えられる。 ϵ_0 は空気の誘電率、S は各電極の面積である。

【0029】

したがって、この発振周波数から選択した 2 つの電極と金属部品 1 a との平均距離を知ることができる。

【0030】

次に、図 5 のように $x - y$ 軸をとり、金属部品 1 a の表面上に $p(x, y)$ なる垂直応力の分布が与えられたとする。そのときの平均圧力 p_0 とその x 方向および y 方向微分 p_x および p_y は発振周波数と

$$p_0 = -\beta (\Delta f_{12} + \Delta f_{34})$$

$$p_x \equiv (\partial / \partial x) p = -\gamma (\Delta f_{24} - \Delta f_{13})$$

$$p_y \equiv (\partial / \partial y) p = -\gamma (\Delta f_{12} - \Delta f_{34})$$

のような関係をもつ。 Δf_{ij} は応力が働いていないときの発振周波数 f_{ij} を基準とし、そこからの変化分である。部品 1 a と LSI チップを接続する部分の直径 d (図 4) を小さくすることによって圧力分布の空間微分 p_x および p_y に対する感度を p の感度に対して相対的に高めることができる。なお、試作回路において図 5 の抵抗 R は $100 \text{ k}\Omega$ であり、発振周波数は約 10 MHz である。

【0031】

触覚素子は図 6 のように埋め込まれる。なお 1 c は空気部分である。触覚チップ 1 の厚み H が有限の場合には p_x および p_y は素子周囲に一樣に与えられるせん断応力 T_{xz} および T_{yz} に比例する。基礎実験として汎用の回路基板上に電

極E 1～4を形成し、金属部品1 aを接続した構造物を、試作したLSIチップに外付けし、発振回路の動作を確認した実験の様子を図7に示す。この図7において、8は剛体壁、9は柔軟ゴム、10は回路基板である。 d_5 は10 mmである。

【0032】

図8はLSIチップの写真（代用図）、図9左は外付けされた電極E 1～4の写真（代用図面）であり、図9（a）は部品1 aを取り外して上方から撮影した写真、図9（b）は部品1 aを接続して撮影した写真（代用図）である。

【0033】

図10は無負荷時に観測された発振波形であり、横軸に時間（ μs ）、縦軸に電圧（V）を示している。

【0034】

図11は構造物の表面に柔軟体を設置し、表面全体に垂直変位を与えていったときに観測された発振周波数を示す図であり、図11（a）は構造物の表面に厚さ3 mmの柔軟体（ヤング率は $4.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）を設置し、表面全体に垂直変位を与えていったときに観測された発振周波数 f_{13} および f_{24} を示す。垂直負荷によって金属部品1 aと電極との距離が全体に減少し、両方の発振周波数が減少することがわかる。図11（a）において、横軸はZ変位〔mm〕、縦軸は周波数〔MHz〕を示している。

【0035】

次に、表面に水平方向（x方向）変位を与えていったときに観測された f_{13} および f_{24} を図11（b）に示す。図11（b）において、横軸はX変位〔mm〕、縦軸は周波数〔MHz〕を示している。ステージを+x方向に移動し、表面は相対的に左方向に変位させたとき、左側電極に対する発振周波数 f_{24} は減少し、右側電極に対する発振周波数 f_{13} は増加する傾向が見られた。

【0036】

以上で観測された周波数について f_{13} および f_{24} の和および差をプロットし直したものを図12に示す。図12（a）において、横軸はZ変位〔mm〕、縦軸は周波数〔MHz〕を示し、図12（b）において、横軸はX変位〔mm〕

、縦軸は周波数〔MHz〕を示している。

【0037】

垂直応力を与えた場合には和信号が変化して差信号は変化せず、水平応力を与えた場合にはその逆に和信号が変化せず、差信号が変化した。

【0038】

この結果から、本触覚チップは垂直応力とせん断応力を分解して検出することができることがわかる。

【0039】

また、発振周波数の安定性は、1msの観測時間に対し変動1kHzであり、誤差率は0.01%であった。弾性体表面の1mmの変位に対し、発振周波数は約10%程度変化し、検出可能な最小表面変位は1μmであった。すなわち応力測定レンジとして10ビット以上を実現することができた。

【0040】

なお、導電性ゴム2, 3と触覚チップ1の接続方法は、ここに示したものの他、図13のようにチップ上電極を同一面に配置し、ピン状突起によって複数の層と電気接触を確保する方法や、図14のように単一層の内部に導電領域をパターンニングする方法も考えられる。図では単一層内の複数の導電領域にチップの電極を電氣的に接触させている。なお、図13において、11はチップ上の電極と導電性ゴム層との電気接触を確保するためのピンを示し、図14において、12は単一ゴム層内の絶縁領域、13は単一ゴム層内の導電領域である。

【0041】

センサシートの面積が大きい場合、2層の導電層間の容量が大きくなるため、同一層内部でも、導電性が不要な部分は非導電性材料に置き換えておくことは有効である。

【0042】

なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0043】

【発明の効果】

以上、詳細に説明したように、本発明によれば、高密度に多数の触覚素子が配置された柔軟な触覚センサを実現することができる。

【 0 0 4 4 】

また、個別の配線を用いずに多数の触覚チップからの信号を導電性ゴムを介して読み出すことによって、人工皮膚の変形を高い解像度で S N 比良く読み出すことが可能となる（実験においては測定レンジは 1 0 ビット以上）。これを用いて人間の触覚と同様に柔らかいセンサが実現されると期待され、これらをロボットの表面全体に被覆することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例を示す触覚センサの模式図である。

【図 2】

本発明の実施例を示す触覚センサの断面図である。

【図 3】

本発明の実施例を示す触覚センサのコンピューターから各素子へ送信される信号電圧、及び各素子の端子間入出力インピーダンスを示す図である。

【図 4】

本発明の実施例を示す触覚素子の構造図である。

【図 5】

本発明の実施例を示す応力検出のための発振回路の説明図である。

【図 6】

本発明の実施例を示す触覚素子の実装状態を示す断面図である。

【図 7】

本発明の実施例を示す触覚センサの動作確認実験装置の模式図である。

【図 8】

本発明にかかる試作したテスト用 L S I チップの写真（代用図）である。

【図 9】

本発明にかかる動作テストのため回路基板上に作製した電極の写真（代用図）である。

【図 10】

本発明にかかるテストチップで観測された発振波形図である。

【図 11】

テストセンサ表面に一樣垂直変位を与えていったときに観測された発振周波数（a）と一樣水平変位を与えていったときに観測された発振周波数（b）を示す図である。

【図 12】

図 11 の発振周波数の和の（無変形時からの）変化分および差の変化分をプロットした図である。

【図 13】

チップ上の同一面に電極を配置し、ピン状突起によって 2 層の導電性ゴムと接触をとる方法の説明図である。

【図 14】

チップ上の同一面に電極を配置し、単一層の内部に導電領域をパターンニングしたものと、それらの電極を電氣的に接触する方法の説明図である。

【符号の説明】

- 1 触覚素子（触覚チップ）
 - 1 a 触覚素子を構成する金属部品
 - 1 b 触覚素子を構成する L S I チップ
 - 1 c 空気部分
- 2 導電性ゴム（表層）
- 3 導電性ゴム（深層）
- 4 コンピュータ
- 5 触覚センサの表面
- 6 触覚素子の電極
- 7 絶縁層
- 8 剛体壁
- 9 柔軟ゴム
- 10 回路基板

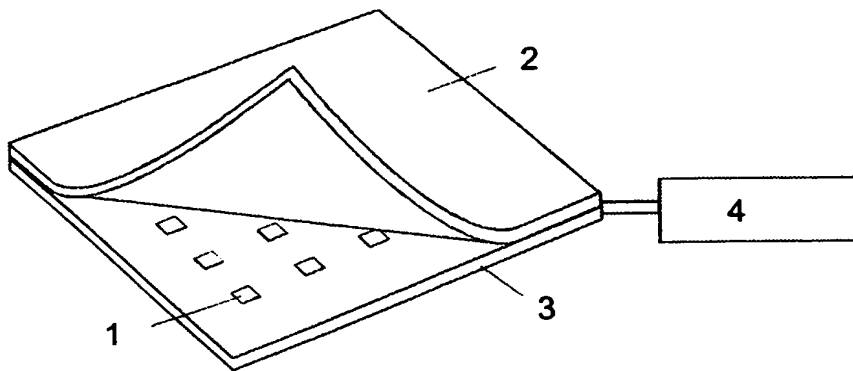
- 1 1 チップ上の電極と導電性ゴム層との電気接触を確保するためのピン
- 1 2 単一ゴム層内の絶縁領域
- 1 3 単一ゴム層内の導電領域
- E 1 ～ E 4 L S I チップ上の電極

【書類名】

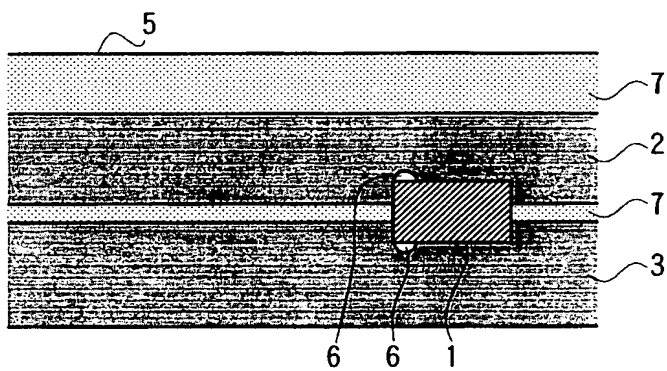
図面

BEST AVAILABLE COPY

【図 1】

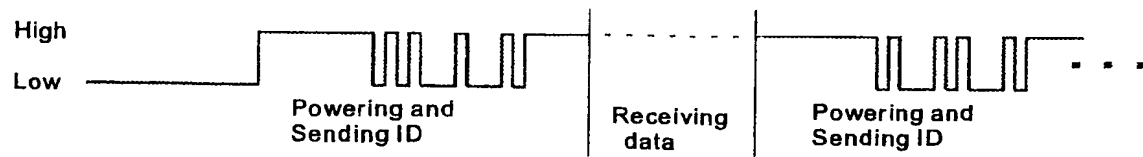


【図 2】

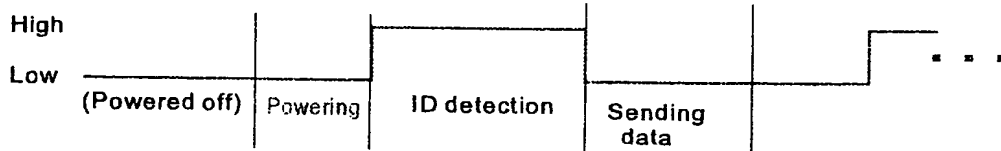


【図 3】

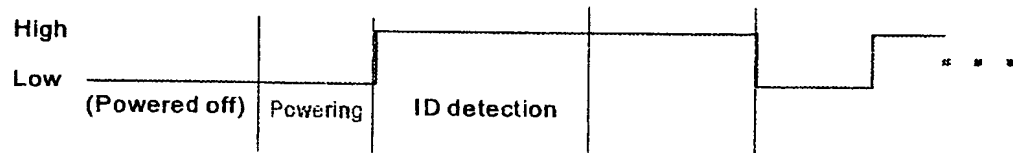
(a)



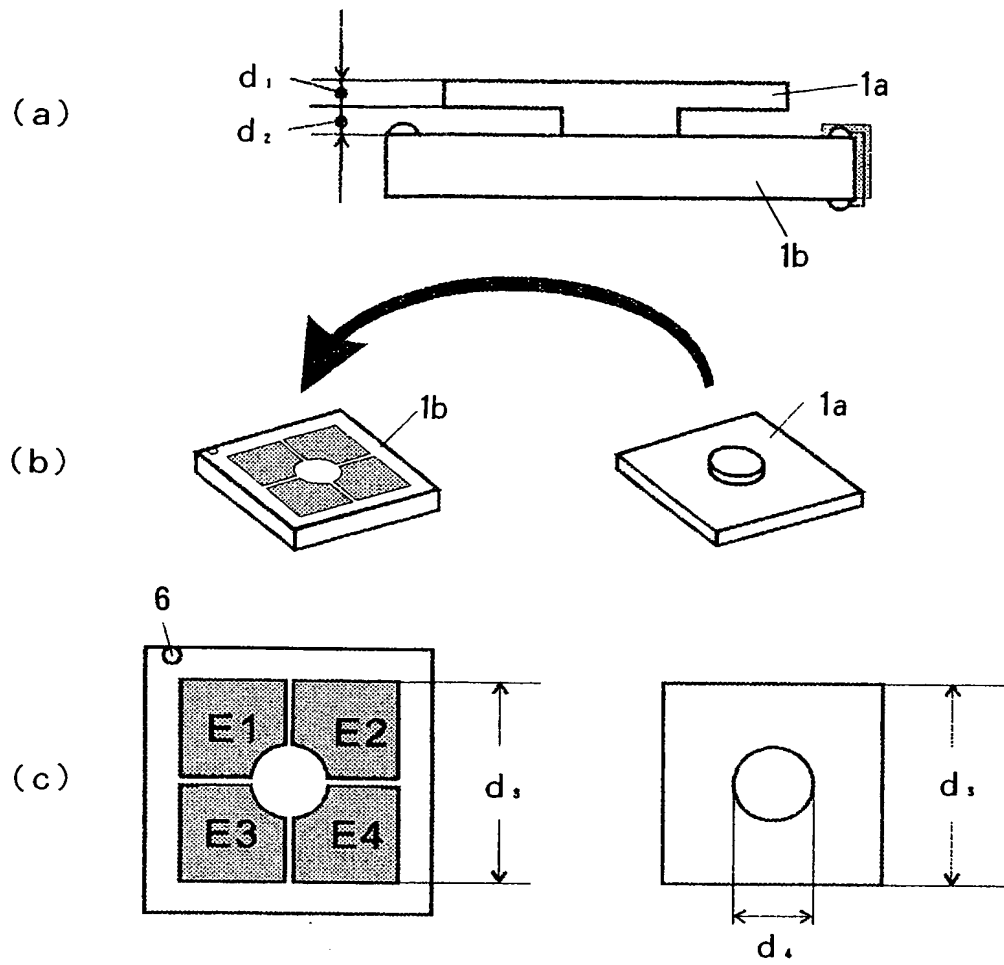
(b)



(c)

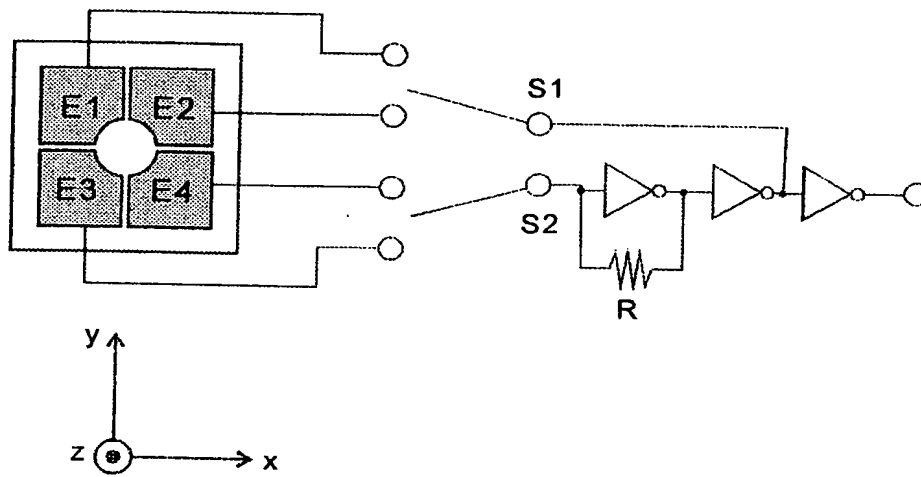


【図 4】

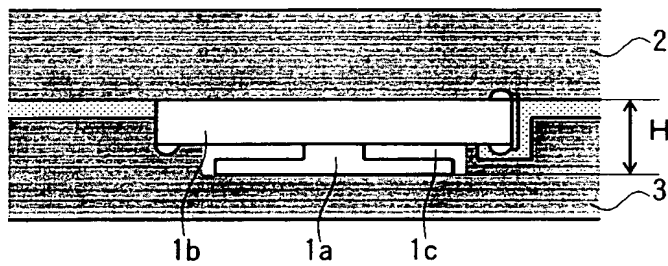


【図 5】

BEST AVAILABLE COPY

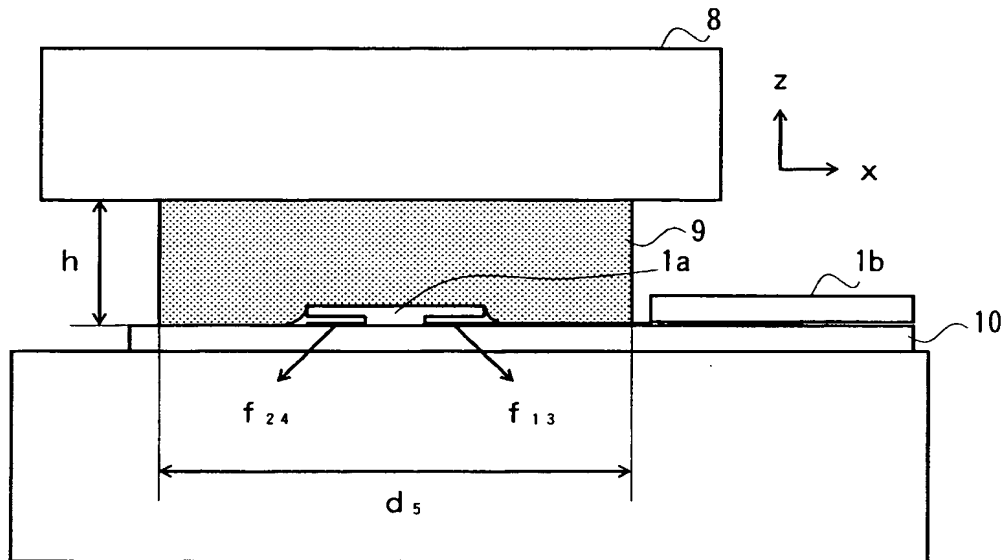


【図 6】

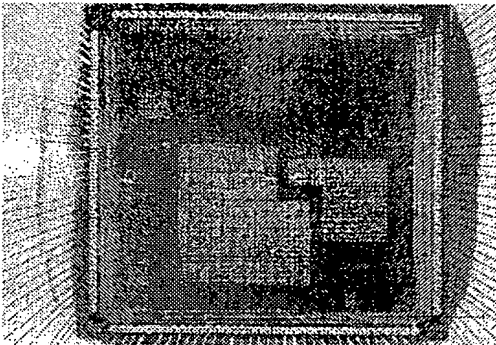


【図 7】

BEST AVAILABLE COPY

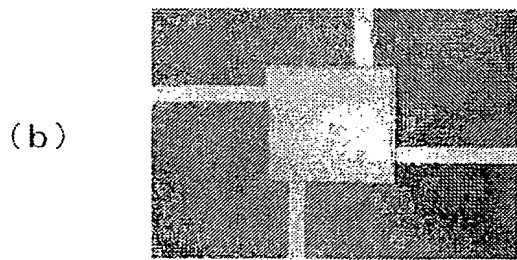
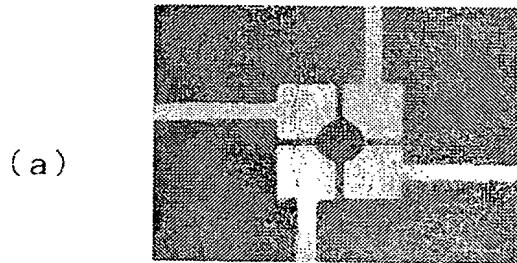


【図 8】

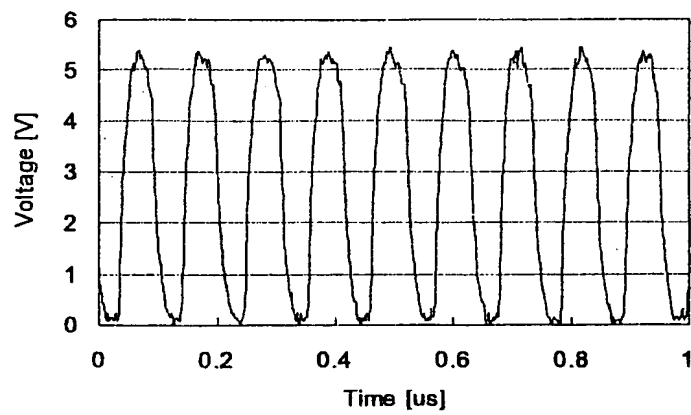


【図 9】

BEST AVAILABLE COPY

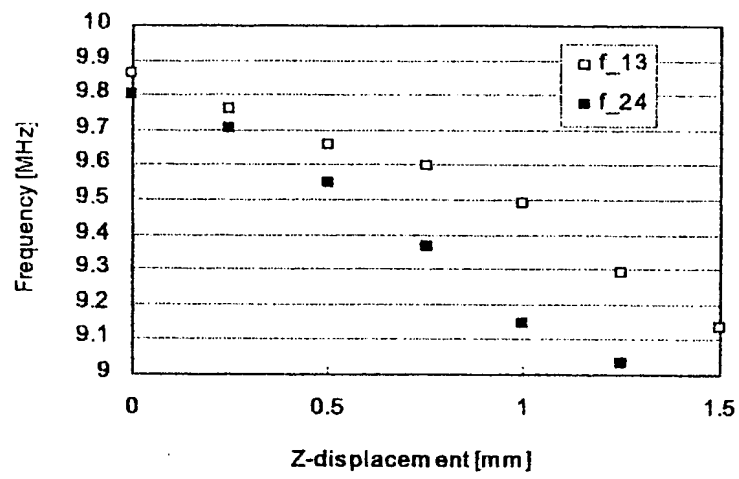


【図 10】

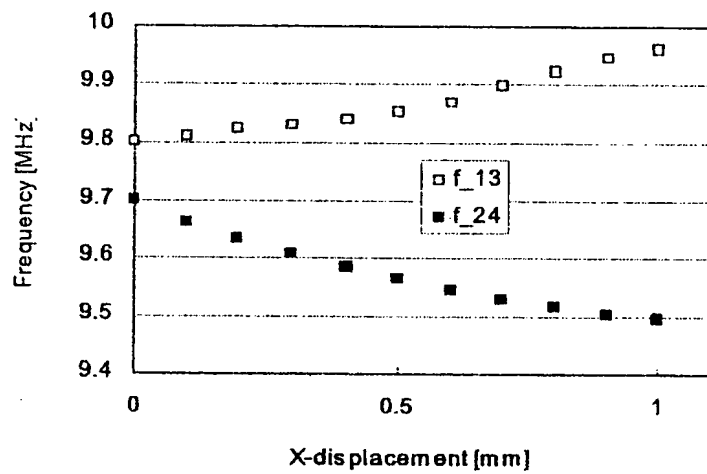


【図 11】

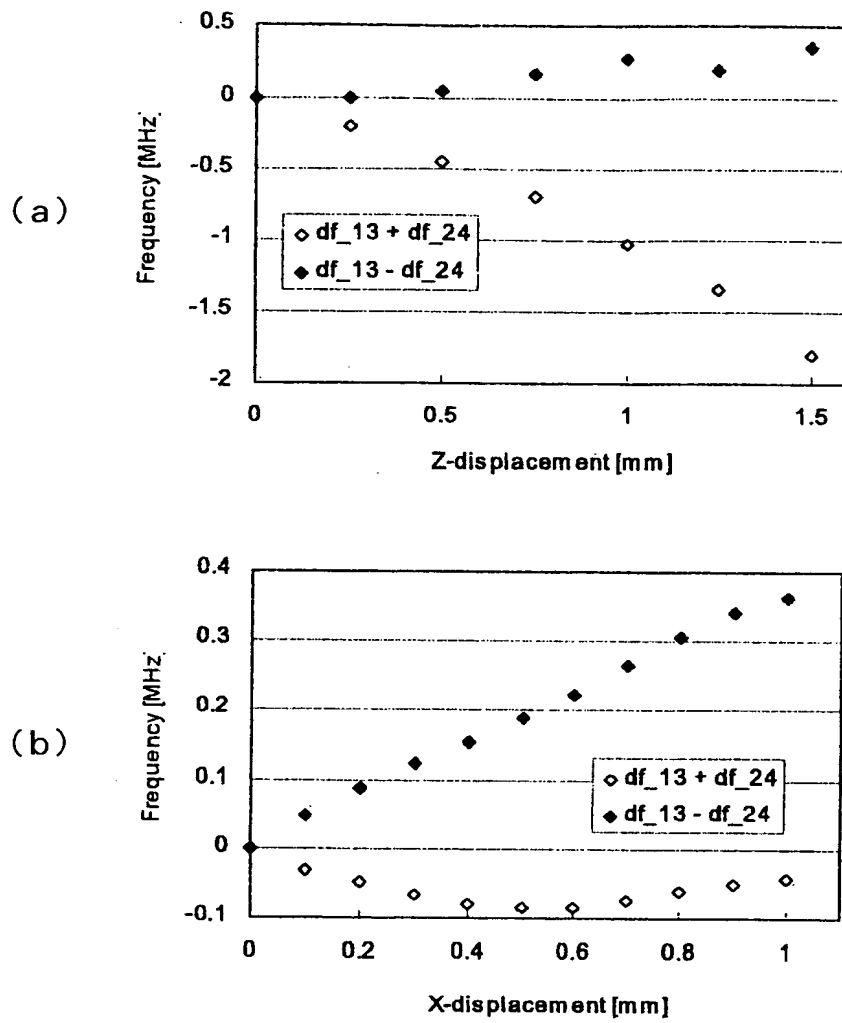
(a)



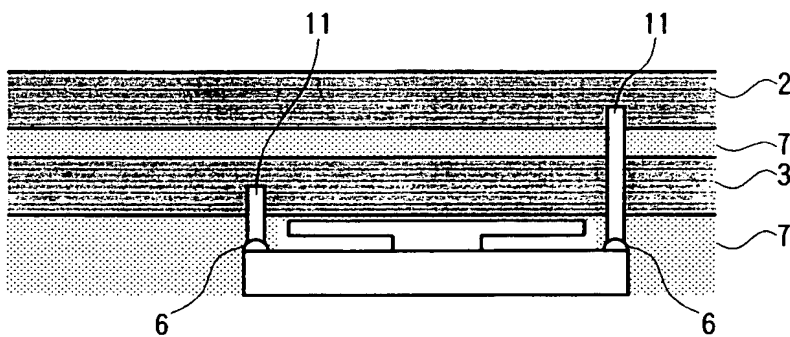
(b)



【図 12】

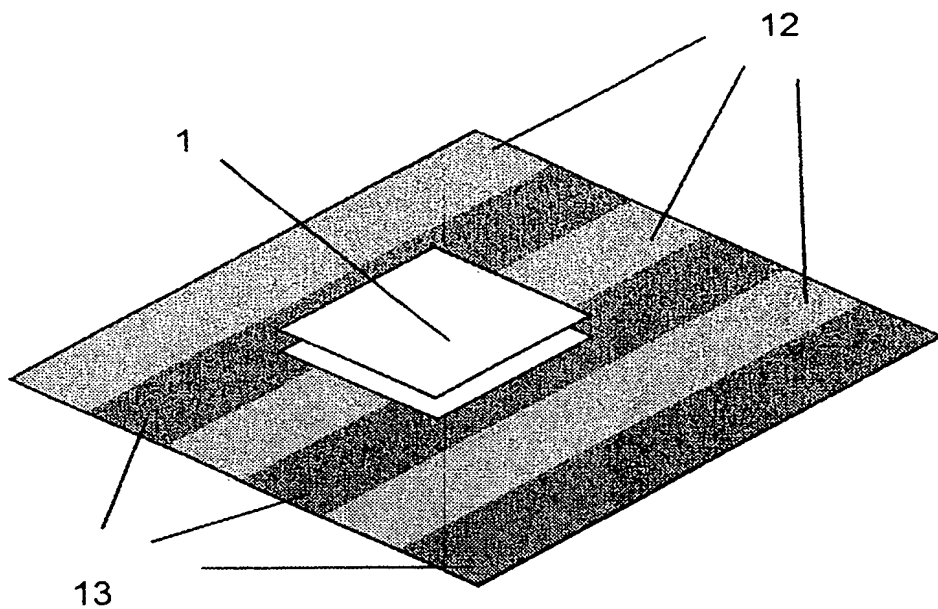


【図 13】



BEST AVAILABLE COPY

【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 各素子から信号を読み出すための配線は変形に強く、かつ、小さな素子からの信号を高い S N 比で読み出すことができる触覚センサを提供する。

【解決手段】 人工皮膚の導電性ゴム層を介して符号化された触覚信号を送信可能な触覚素子によって上記のセンサを実現する。つまり、触覚チップ 1 の上面および下面に一つずつ配置された電極 6 と導電性ゴム 2 および 3 とが電氣的に接触する。

【選択図】 図 1

【書類名】 出願人名義変更届

【提出日】 平成14年 5月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2001-315995

【承継人】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 3 2 5 - 2 2 マイキャッス
ル溝の口ヴィレッジ 3 0 3

【氏名又は名称】 篠田 裕之

【承継人代理人】

【識別番号】 100105924

【弁理士】

【氏名又は名称】 森下 賢樹

【電話番号】 03-3461-3687

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 091329

【納付金額】 4,200円

【ブルーフの要否】 要

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 3 1 5 9 9 5
受付番号	5 0 2 0 0 6 4 6 2 5 7
書類名	出願人名義変更届
担当官	小松 清 1 9 0 5
作成日	平成 1 4 年 6 月 1 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【承継人】

【識別番号】 502159653

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区末長 3 2 5 - 2 2 マイキ
ャッスル溝の口ヴィレッジ 3 0 3

【氏名又は名称】 篠田 裕之

【承継人代理人】 申請人

【識別番号】 100105924

【住所又は居所】 東京都渋谷区恵比寿西 2 - 1 7 - 1 6 代官山 T
Kビル 1 階 プライムワークス国際特許事務所

【氏名又は名称】 森下 賢樹

次頁無

特願 2 0 0 1 - 3 1 5 9 9 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 6 0 2 0 8 0 0]

1. 変更年月日	1 9 9 8 年 2 月 2 4 日
[変更理由]	名称変更
住 所	埼玉県川口市本町 4 丁目 1 番 8 号
氏 名	科学技術振興事業団

特願 2 0 0 1 - 3 1 5 9 9 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[5 0 2 1 5 9 6 5 3]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 5 月 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県川崎市高津区末長 3 2 5 - 2 2 マイキャッスル溝の

口ヴィレッジ 3 0 3

氏 名

篠田 裕之